

胡维云, 余娜, 张丽峰, 等. 青海及邻区6级以上地震前固体潮调制比异常特征分析[J]. 华南地震, 2024, 44(S1): 43–45. [HU Weiyun, YU Na, ZHANG Lifeng, et al. Analysis of Abnormal Characteristics of Solid Tide Modulation Ratio Before Earthquakes with  $M \geq 6$  in Qinghai and Neighboring Areas[J]. South China journal of seismology, 2024, 44(S1): 43–45]

## 青海及邻区6级以上地震前固体潮调制比 异常特征分析

胡维云<sup>1</sup>, 余娜<sup>1</sup>, 张丽峰<sup>1,2</sup>, 郭瑛霞<sup>1,2</sup>, 孙玺皓<sup>1,2</sup>

(1. 青海省地震局, 西宁 810001; 2. 青海格尔木青藏高原内部地球动力学野外科学观测研究站, 西宁 810001)

### Analysis of Abnormal Characteristics of Solid Tide Modulation Ratio Before Earthquakes with $M \geq 6$ in Qinghai and Neighboring Areas

HU Weiyun<sup>1</sup>, YU Na<sup>1</sup>, ZHANG Lifeng<sup>1,2</sup>, GUO Yingxia<sup>1,2</sup>, SUN Xihao<sup>1,2</sup>

(1. Qinghai Earthquake Agency, Xining 810001, China; 2. Geodynamics Field Observation and Research Station of the Qinghai-Tibet Plateau, Xining 810001, China)

关键词: 青海及邻区; 固体潮调制比; 异常特征分析

Keywords: Qinghai and neighboring areas; Solid tide modulation ratio; Analysis of abnormal characteristics

中图分类号: P315

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)S1-0043-03

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.S1.16

## 0 研究背景

近年来, 经过不断的研究和改进, 很多学者对中强地震前区域固体潮调制过程进行了深入研究, 固体潮调制比方法已广泛应用于我国各地区中强地震危险性分析和日常震情跟踪工作中。韩颜颜等对近年来西北地区发生的3次中强地震的区域固体潮调制比时空演化过程进行了回顾性研究, 发现这3次中强震均发生在固体潮调制比高值异常集中地区及周围区域<sup>[1]</sup>; 孙楠等<sup>[2]</sup>研究发现, 调制比异常对云南地区1.5年内异常区及周边的强震有

一定的预测意义; 邵媛媛等<sup>[3]</sup>通过对辽宁地区1970年以来11次 $M_s \geq 4.6$ 地震的固体潮调制比的时空变化分析, 发现调制比异常对辽宁地区中强地震的预测有一定的指示意义; 周依<sup>[4]</sup>对首都圈地区9次 $M_s \geq 5.0$ 中强地震前固体潮调制比变化过程分析, 发现有7次地震前1年内震中100 km范围内出现调制比高值异常; 索朗南杰等<sup>[5]</sup>对2008年10月以来西藏地区6次6级以上强震进行固体潮调制比时空扫描, 发现有5次6级以上强震在震前1年内出现了一定程度的调制比异常现象; 张思萌<sup>[6]</sup>通过对2009年以来黑龙江省7次 $M_s \geq 4.0$ 地震前的固体潮调制比进行时空变化分析, 发现调制比方法对该

收稿日期: 2024-10-10

基金项目: 青海省科技计划项目(应用基础研究计划)(2023-ZJ-770); 青海格尔木青藏高原内部地球动力学野外科学观测研究站专项; 2024年度震情跟踪定向工作任务(2024010118)联合资助。

作者简介: 胡维云(1988-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事地震活动性方面的研究工作。

E-mail: 598756445@qq.com

地区中强地震发震地点的预测具有一定的参考价值。为探究青海及邻区6级以上地震前区域小震固体潮调制比时空演化特征,本文利用固体潮调制比时空扫描方法对2008年以来青海及邻区发生的6级以上地震进行了回顾性分析研究,总结出具有指示意义的固体潮调制比异常判定指标,以期为青海及邻区今后的地震预测预报工作提供参考依据。

1 研究基础和方法

本研究对地震的发震日期进行公历到农历的时间转换,得到2008年1月1日至2023年12月31日青海及邻区的月相地震目录。依据韩颜颜等<sup>[1]</sup>在前期研究中重新给出的固体潮调制比月相日期和调制比异常阈值,利用《测震分析预测技术方法工作手册》<sup>[7]</sup>中固体潮调制比时空扫描方法的参数设置,开展青海及邻区6级以上地震的震例回溯性分析。首先要选定时空窗范围,选定的时空窗口内

地震次数的下限值为5(若不满足该下限则不进行调制比计算),从而得到调制比时空演化图像。具体扫描参数设定为:地震目录的震级下限为 $M_L3.0$ ; (时间窗长为6个月,当区域地震活动较弱时,可参考1年窗长的调制比结果;时间扫描步长为1个月,如果演化时间较长可选为2~3个月;空间窗口半径为150 km,空间扫描步长为 $0.5^{\circ}\times0.5^{\circ}$ 。

2 研究内容及结果

通过固体潮调制比时空扫描方法对2008年以来青海及邻区发生的12次6级以上地震前固体潮调制比时空演化特征展开详细研究。研究发现,5次6级以上地震前在震中及附近区域出现了固体潮调制比高值异常,分别是2008年四川汶川 $M_S8.0$ 地震、2008年青海大柴旦 $M_S6.3$ 地震(包括2009年大柴旦 $M_S6.4$ 地震)、2016年门源 $M_S6.4$ 地震、2021年比如 $M_S6.1$ 地震和2022年马尔康 $M_S6.0$ 地震(表1)。

表1 2008年以来青海及邻区6级以上地震前固体潮调制比时空演化特征  
Table 1 Temporal and spatial evolution characteristics of earth tide modulation ratio before earthquakes with  $M\geq6$  in Qinghai and its adjacent areas since 2008

序号	发震时间 /年-月-日	震中位置		震级/ $M_s$	序列 类型	发震地点	异常持续 时间/月	主震位于异 常区位置	异常演化特征	备注
		北纬/ ( $^{\circ}$ )	东经/ ( $^{\circ}$ )							
1	2008-05-12	31.13	103.37	8.0	震群型	四川汶川	7	内部	异常出现-减弱- 增强-减弱-发震	
	2008-05-12	30.77	103.75	6.3						
2	2008-11-10	37.57	95.97	6.3	震群型	青海海西州	6	边缘	异常出现-增强- 减弱-增强-发震	
	2009-08-28	37.60	95.90	6.4						
	2009-08-31	37.55	96.00	6.0			5	边缘	异常出现-增强- 减弱-发震	
	2009-08-31	37.55	96.00	6.0						
3	2010-04-14	33.22	96.59	7.1	震群型	青海玉树	/	/	/	
	2010-04-14	33.25	96.50	6.3						
4	2016-01-21	37.66	101.65	6.4	主-余型	青海门源	17	50	异常出现-增强- 持续-减弱-发震	
5	2016-10-17	32.89	95.02	6.2	主-余型	青海杂多	/	/	/	
6	2017-08-08	33.15	103.80	7.0	主-余型	四川九寨沟	/	/	/	
7	2021-03-19	31.94	92.75	6.1	主-余型	西藏比如	6	内部	异常出现-增强- 减弱-增强-减 弱-发震	
8	2021-05-22	34.61	98.37	7.4	主-余型	青海玛多	/	/	/	
9	2022-01-08	37.77	101.25	6.9	主-余型	青海门源	/	/	/	
10	2022-03-26	38.49	97.32	6.0	震群型	青海德令哈	/	/	/	

(转下表)

(续表1)

序号	发震时间 /年-月-日	震中位置		震级/ $M_s$	序列 类型	发震地点	异常持续 时间/月	主震位于异 常区位置	异常演化特征	备注
		北纬/ (°)	东经/ (°)							
11	2022-06-10	32.25	101.82	6.0	震群型	四川马尔康	12	边缘	异常出现-增强- 减弱-发震	
12	2023-12-18	35.70	102.79	6.2	主-余型	甘肃积石山	/	/	异常出现-减弱- 增强-减弱-发震	

这5次6级以上地震中，除了2016年青海门源 $M_s6.4$ 地震的时间扫描窗长选取为1年时调制比异常现象较为显著外，其余4次地震的时间窗长选取为6个月时调制比异常现象较为显著。在时间演化方面，除了2016年青海门源 $M_s6.4$ 地震前的调制比高值异常演化时长为17个月外，其余4次地震前的调制比高值异常演化时长在5~7个月之间。由此可见，调制比时间扫描窗长和调制比异常演化时长之间可能具有一定的正相关性，即6级以上地震前的调制比时间扫描窗长越长，调制比异常演化时间就越长。在空间演化方面，这5次6级以上地震前的震中及附近区域均出现了调制比高值异常区域，虽然调制比异常区域的大小有所调整，但这5次地震均发生在固体潮调制比时空扫描的高值异常集中地区或周围区域。由此可见，调制比高值异常区域对6级以上地震的发生地点在空间上具有一定的指示意义。此外，2016年门源 $M_s6.4$ 地震前的调制比高值异常区覆盖范围相对较大，其余4次6级以上地震前在震中及附近区域出现的调制比异常区域覆盖范围则较小且异常更为集中，表明时间扫描窗长和调制比异常区域的大小可能也存在着一定的正相关性，即6级以上地震前的调制比时间扫描窗长越长，调制比异常覆盖区域就越大。

2008年四川汶川 $M_s8.0$ 地震前的调制比高值异常呈现出“异常出现→减弱→增强→减弱→发震”的时空演化特征，2008年青海大柴旦 $M_s6.3$ 地震前的调制比高值异常呈现出“异常出现→增强→减弱→增强→发震”的时空演化特征(2009年青海大柴旦 $M_s6.4$ 地震前的调制比高值异常呈现出“异常出现→增强→减弱→发震”的时空演化特征)，2016年青海门源 $M_s6.4$ 地震前的调制比高值异常呈现出“异常出现→增强→持续→减弱→发震”的时空演化特征，2021年比如 $M_s6.1$ 地震前调制比高值异常呈现出“异常出现→增强→减弱→增强→减弱→发震”的时空演化特征，2022年马尔康 $M_s6.0$ 地震前调制比高值异常呈现出“异常出现→增强→减弱→发震”的时空演化特征。根据这5次

6级以上地震前的调制比高值异常时空演化特征，我们可以总结出“异常出现→增强→减弱→(增强)→(减弱)→发震”这样一种演化模式。这5次6级以上地震都是调制比异常经历了增强过程后，在后续的减弱过程中发震的，这对后续发生的目标地震在时间紧迫性上给予了一定的指示意义。

2008年以来，青海及邻区共发生6级以上地震共12次，其中有5次6级以上地震发生在固体潮调制比高值异常区或附近区域，固体潮调制比高值异常区域在反映了该区域应力增强的同时，也可能是该区域未来中强震的发震地点。固体潮调制比高值异常对青海及邻区6级以上地震的发生，在时间和空间上均具有较好的指示意义，并且调制比异常的时间扫描窗长长度与异常演化时长、异常区域大小等可能存在一定的正相关性。按照上述总结的“异常出现→增强→减弱→(增强)→(减弱)→发震”的调制比异常演化模式，需密切关注调制比异常经历了增强过程后的减弱状态，可以在时间紧迫性上对目标地震的发生进行准确把握。

参考文献

[1] 韩颜颜,孟令媛,刘桂萍,等. 西北地区中强震前固体潮调制比时空特征分析[J]. 地震学报,2017,39(5):738-750.

[2] 孙楠,付虹,彭关灵,等. 云南地区强震前小震调制比特征分析[J]. 地震地磁观测与研究,2021,42(05):82-89.

[3] 邵媛媛,杨士超,王岩,等. 辽宁地区固体潮调制比空间异常特征震例“回溯性”研究[J]. 防灾减灾学报,2021,37(02):1-8.

[4] 周依,郭蕾,王亚玲. 首都圈地区中强地震前固体潮调制比特征分析[J]. 大地测量与地球动力学,2022,42(11):1166-1170.

[5] 索朗南杰,桑杰卓玛,索朗多吉,等. 2008年以来西藏地区强震前固体潮调制比特征分析[J]. 地震地磁观测与研究,2023,44(01):14-22.

[6] 张思萌,李永生,张雁翔,等. 2009年以来黑龙江省固体潮调制比特征与地震关系研究[J]. 大地测量与地球动力学,2024,44(10):1053-1058.

[7] 中国地震局监测预报司. 测震分析预测技术方法工作手册[M]. 北京:地震出版社,2020.